
学位論文

三軸コイルを用いたチェアサイド用 6 自由度顎運動測定器の開発と応用

石川 輝明

キーワード：チェアサイド，顎運動，6 自由度顎運動測定器，データベース

Development and Application of Six-Degree-of-Freedom Jaw Tracking Device for Chairside Use with Utilizing a Pair of Triaxial Coils

Teruaki ISHIKAWA

Abstract : Jaw movement data include a lot of useful information for diagnosing stomatognathic functions. To clarify the relationship between occlusion and jaw movement, several types of jaw tracking devices that have capability to record jaw movement in six-degree-of-freedom have been developed in our department.

The purposes of this study were to develop a new jaw tracking device which has high usability and high accuracy, and to examine data acquisition ability of the device. We utilized a pair of triaxial coils for improving performance of the device. Both usability and accuracy are essential to develop a stomatognathic function database with accurate jaw movement data. When we bring it to completion, we will be able to provide useful diagnostic criteria for making an examination of patients who have jaw movement-related problems.

Forty-five asymptomatic (23 males and 22 females) and 35 symptomatic (17 males and 18 females, with temporomandibular disorders) adult volunteers were participated in this study after they underwent stomatognathic functional examinations.

Jaw movement data were recorded with the newly developed device and analyzed quantitatively and qualitatively. Thirty-six jaw movement parameters were used in the quantitative analysis.

Values of mean and standard deviation of jaw movement parameters were computed from control group (asymptomatic volunteers, 23 male and 22 female), and they were considered as reference values. Additionally, one well-experienced dentist evaluated jaw movement pathways of all subject on width, smoothness, symmetry and reproducibility of incisal trajectories qualitatively.

The results of this study were as follows:

1. The new jaw-tracking device was developed with utilizing a pair of triaxial coils. This device showed ability of jaw movement recording with high accuracy.
2. Jaw movements of 80 subjects were measured with the newly developed device only in two and half months.
3. Quantitative and qualitative evaluations of jaw movement could be one of effective methods to diagnose temporomandibular disorders.
4. The stomatognathic function database will provide diagnostic and evaluating criteria for jaw movement to diagnose jaw movement-related problems and to evaluate the clinical outcome of treatments.

I. 緒 言

顎機能の診断, 評価の手段として6自由度顎運動測定的重要性が認識されているものの, そのためのデータベースは, まだ十分構築されているとはいえない。

デジタル方式6自由度顎運動測定器 MM-JI¹⁾ は, 測定精度が高く, 高度先進医療への使用が認められており, 顎機能診断のためのデータベースの構築²⁾ に貢献してきた。しかし MM-JI¹⁾ は精密機械であるため術者には慎重な操作が求められ, 多数例の顎運動測定を短期間で行うような用途には適しているとはいえない。当教室ではこれまで磁気方式による非接触型顎運動測定器の開発³⁻⁷⁾ をすすめており, なかでも川口が開発した一対の三軸コイルを用いた測定器⁷⁾ は, 操作性が優れ, チェアサイドでの測定が可能であったが, 精度の点で課題が残されていた。

そこで本研究では, 磁気方式非接触型顎運動測定器開発に関するこれまでの研究成果をもとに, 临床上必要とする精度を備え, かつチェアサイドで簡便に使用できる6自由度顎運動測定器を開発することとした。

また, 測定器開発後, 多数例の顎運動測定を行い, 開発した測定器が顎機能診断用データベース構築のために十分なデータ収集能力を有していることを実証することとした。

II. 研究方法

1. チェアサイドで簡便に使用できる6自由度顎運動測定器の開発

1) 測定システム

顎運動測定器は川口が開発した一対の三軸コイルを用いた測定器⁷⁾ にハードウェア, ソフトウェアの両面から改良を加え, 精度を向上させることとした。

本測定システムは, コイル, アンプ, A/D, D/A 変換器, コンピュータから構成されている (図1)。測定器の安全性を高めるため, センサは心電図や筋電図の電極のように生体に電氣的に直接接続することなく絶縁されているほか, 医用絶縁トランスを使用して測定器全体を商用電源から絶縁している。また, センサが発生する交流磁場はブラウン管など家庭用電気製品が発生している磁場より小さく, 安全面で問題となることはない。

2) 測定器の改良点

ハードウェアについては, 一次, 二次コイルおよびコイルドライバアンプ, センサアンプの改良を行った。一次, 二次コイルは, 空芯コイルモデルによく適合するように, 新たに製作した (図2)。センサに使用したコイルは, 直径が一次, 二次コイルともに19 mm, 16 mm, 13 mm で, インダクタンスが一次コイルは約0.29 mH, 二次コイルは約0.8 mH (宮木無線社製) である。センサは大きさの異なるコイルの中心を一致させ, 互いに垂直になるように三軸に組み, 一辺21 mm の立方体のアクリルケースに入れた。重量はケーブルを除くと両

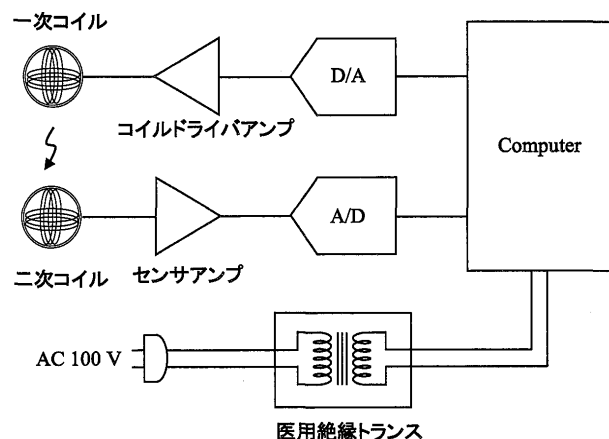


図1 ブロックダイアグラム

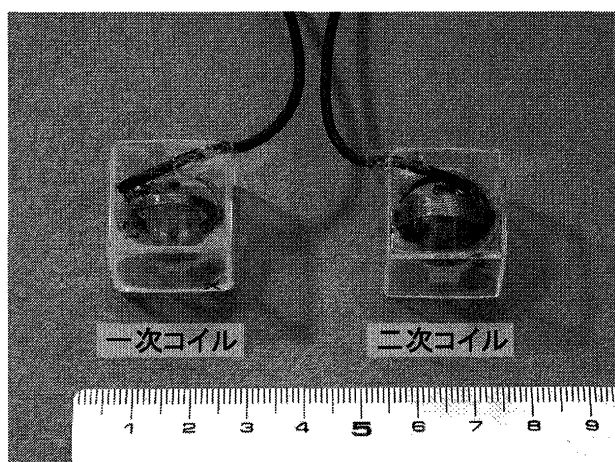


図2 製作した三軸コイル

方とも約7gであった。また, 川口の測定器⁷⁾ では既製品を用いていたコイルドライバアンプ, センサアンプについては, 新たに製作したコイルに合わせて自作した。

ソフトウェアについては, 二次コイルのクロストーク, 二次, 一次コイルの直交性を補正するためのプログラムを組み込むとともに, 新たに測定データから磁場モデルを用いて座標値を推定するデータ処理方法を採用した。

3) 測定方法

センサは, 常温重合レジンとアクリル棒にて製作したシーネを介してシアノアクリレート系の接着剤で歯列に固定し, 一次コイルを左側眼下部付近に, 二次コイルはできるだけその運動を最小限度に抑えるため, 開閉口時に運動の収束する下顎孔に相当する部位で左側頬部の外側に位置するように設置した (図3)。

2. データ収集能力の評価

1) 顎運動測定

(1) 被験者

被験者は, 本学職員および学生の中から任意に選



図3 測定風景

択し、本研究の趣旨を説明し同意が得られた男性40名(平均年齢 26.7 ± 7.0 歳, 平均身長 171.5 ± 5.8 cm), 女性40名(平均年齢 24.7 ± 2.6 歳, 平均身長 158.6 ± 4.4 cm)の計80名(平均年齢 25.7 ± 5.3 歳)とした。被験者の選択にあたっては特に選択基準を設けず, なかには顎口腔機能に異常を認める者も含まれていた。

(2) 測定期間

顎運動測定は, 2005年9月中旬～11月末の約2か月の期間で行った。

(3) 検査項目

顎運動測定に先立ち, 本学附属病院顎関節症外来で用いている顎関節症質問票の記入と, 問診, 触診による顎関節症状の有無の診査を行った。

顎運動測定における被験運動は, ①咬頭嵌合位より接触滑走させながら前方限界咬合位まで運動した後, 前方限界路上を最大開口位まで開口し, ひきつづき後方限界路を通して咬頭嵌合位まで閉口する矢状面内限界運動, ②咬頭嵌合位から接触滑走を行い側方限界咬合位まで運動し, ひきつづき最大開口位まで側方限界路上を開口する左右の側方限界開口運動, ③咬頭嵌合位から前方限界咬合位までの前方滑走運動, ④咬頭嵌合位から側方限界咬合位までの側方滑走運動, ⑤習慣性最大開閉口運動とし, 各運動を3回ずつ測定した。

2) データ解析

データ解析の基準座標系は, 上顎左右側中切歯近心隅角の midpoint および上顎左右側第1大臼歯中心窩の3点にて構成される生体咬合平面座標系⁸⁾を用い, 下顎運動の解析点は切歯点および左右の運動論的顎頭点⁸⁾の3点とした。なお, それぞれの測定項目において最も典型的であると考えられるデータを選択し, これらを各被験者の代表例として解析に用いた。また, 統計処理にはt検定を用いた。

3) 顎運動評価

顎運動評価は定量的評価と定性的評価の両面から行った。

定量的評価は, 上田ら⁹⁾が健康男性被験者15名, 郡ら¹⁰⁾が健康女性被験者15名について用いた6自由度顎運動パラメータ, すなわち①下顎限界運動範囲に関するパラメータ(17項目), ②顎関節および歯による顎運動のガイドに関するパラメータ(8項目), ③顎運動の協調性に関するパラメータ(11項目)について行った。

定性的評価は, 歯科医師1名が顎運動軌跡を観察して, 坂東が提唱している望ましい顎運動要件²⁾を参考に, 運動の①広さ, ②滑らかさ, ③対称性, ④安定性(再現性)を指標として顎運動の異常の有無を定性的に判定することにより行った。本評価で顎運動に異常なしと判定した例と異常ありと判定した症例を図4に示す。

Ⅲ. 結 果

1. 測定器の性能

測定器の動特性としてのサンプリングレートは25 Hz～800 Hzの範囲内で選択可能であり, 運動測定範囲はコイル間の相対座標で測定するため, 頭部の固定などは不要で, 任意の姿勢で顎運動の全範囲を測定可能である。測定精度としての位置分解能は3～48 μm (平均15 μm), 姿勢分解能は0.0001～0.034°(平均0.010°)であり, コイル間距離が遠くなるにつれ分解能が低下する傾向があった(表1)。

同一被験者についてMM-JI¹⁾(平均分解能3 μm), 川口の測定器⁷⁾(平均分解能260 μm), 改良後の測定器(平均分解能15 μm)で顎運動測定を行ったところ, 改良後の運動軌跡は, 川口の測定器に比べて滑らかな運動軌跡となり, MM-JIに匹敵した(図5)。

本測定器の特徴である操作性についてMM-JI¹⁾と比較すると, MM-JIではメタル製のシーネ製作に少なくとも1日は要していたが, 本測定器のレジン製シーネは研究用模型があれば約30分程度で製作可能であった。また, 本測定器は構成要素が少なく小型であるため, MM-JI¹⁾のように専用の測定室を必要とせず, 測定時においても被験者, 術者の負担がともに軽減された(表2)。

2. 被験者に認められた顎関節症状

顎関節症質問票においてなんらかの自覚症状を認めた者は32名, 認めなかった者は48名であった。また, 診査でなんらかの顎関節症状を認めた者は35名, 顎関節に特に症状を認めなかった者は45名であった(図6)。この中には質問票では自覚症状を訴えていなかったが診査では顎関節症状を認めた者が9名, 質問票では自覚症状を訴えていたが臨床的には症状があるとはいえない者が6名いた。

診査で顎関節症状を認めた者を症状別に分類すると, 関節雑音としてクリッキングを認めた者が33名, クレピ

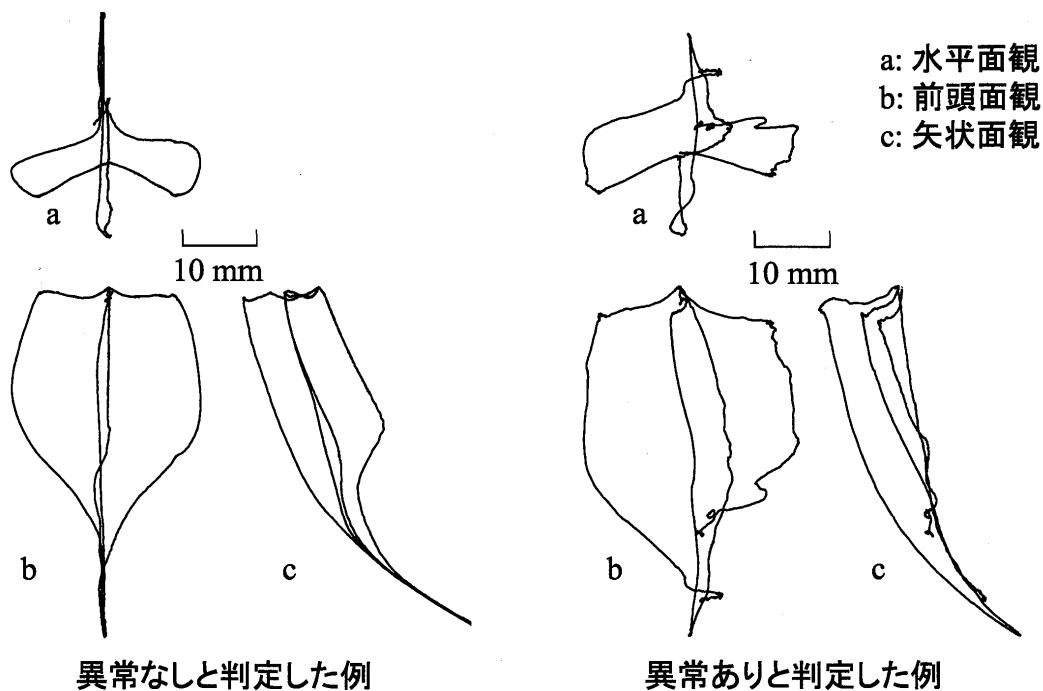


図4 定性的評価の例

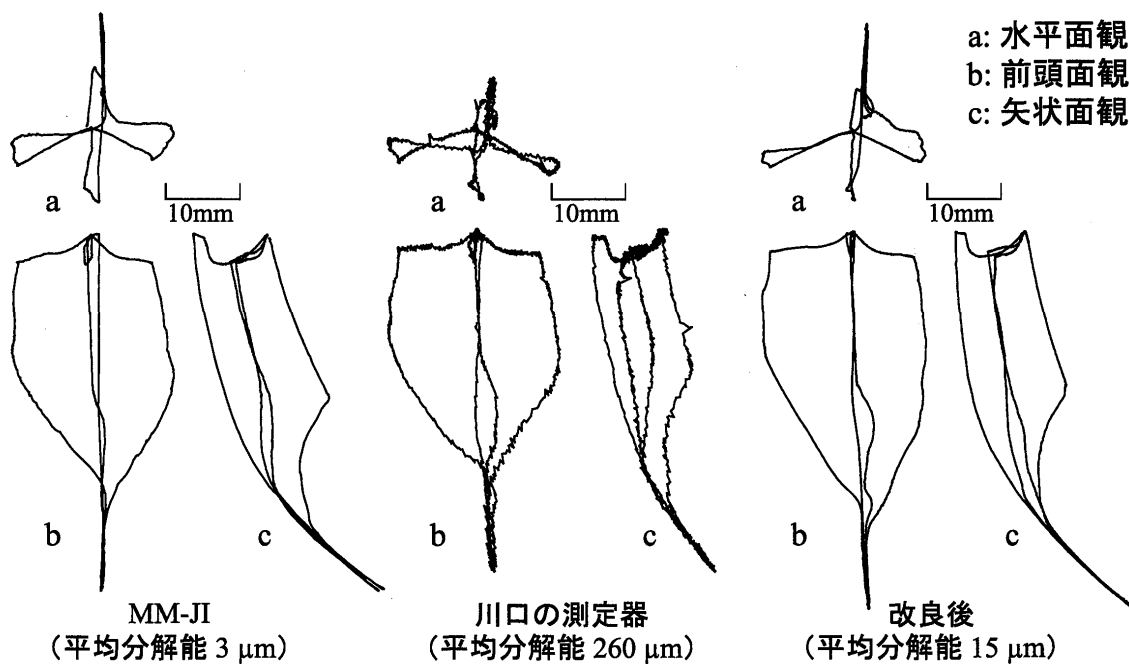


図5 同一被験者の異なる測定器による切歯点の運動軌跡

表1 製作した測定器の性能

動特性(サンプリングレート)	25, 50, 100, 200, 400, 800 Hz
測定範囲	頭部の姿勢は任意で顎運動の全範囲
位置分解能(コイル間距離)	3 μ m (92.8 mm) \sim 48 μ m (145.7 mm)
姿勢分解能(コイル間距離)	0.0001° (92.8 mm) \sim 0.034° (145.7 mm)

表2 本測定器とMM-JIとの操作性の比較

	本測定器	MM-JI
シーネ	レジン製	メタル製
シーネの製作時間	約30分	約1日
使用環境	チェアサイドなど	専用の測定室
被験者の負担	少ない	多い
術者の負担	少ない	多い

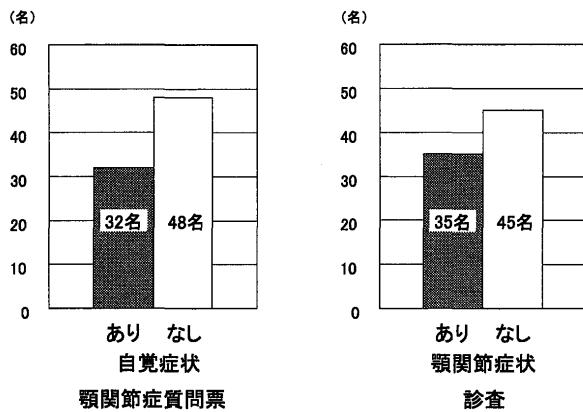


図6 顎関節症状の有無

タスを認めた者が2名であった。また、クリッキングを認めた33名のうち、間欠性のロックを1名に、顎関節部の疼痛を1名に認めた。

3. 顎運動の定量的評価（表3, 4）

診査により顎関節症状を認めなかった45名（男性23名、女性22名）の測定結果から6自由度顎運動パラメータの男女の基準値を求めた。

下顎限界運動範囲に関するパラメータについて、本研究で求めた基準値と上田ら⁹⁾、郡ら¹⁰⁾が報告している基準値とを比較すると、17項目中、男性では切歯点での前後移動量と左右的移動量、水平面における最大下顎回転量、矢状面内限界運動の矢状面投影面積の4項目に、また女性では側方限界咬合位における矢状面での下顎回転量の1項目に有意差を認めたが、それ以外は有意差を認めなかった。

顎関節および歯による顎運動のガイドに関するパラメータについては、男女とも本研究の基準値と上田ら⁹⁾、郡ら¹⁰⁾の報告による基準値との間に有意差を認めなかった。

顎運動の協調性に関するパラメータについては、本研究での基準値と上田ら⁹⁾、郡ら¹⁰⁾が報告している基準値で、11項目中、男性では切歯点での開口経路における加速度の1項目で、女性では開口経路において矢状面での下顎回転量に対する顎頭移動量の比率、開閉口経路における顎頭点に対する切歯点の移動速度の比率の3項目で有意差を認めた。

診査で顎関節症状を認めた35名中クリッキングを認めた33名について6自由度顎運動パラメータを求め、今回求めた基準値と比較したところ、2 S.D. 以上の差を認めた割合は、下顎限界運動範囲、ガイドに関するパラメータに比べ、顎運動の協調性に関するパラメータで多い傾向がみられた（図7）。

4. 定性的評価結果と診査による顎関節症状

定性的評価による顎運動軌跡の異常の有無と、診査に

よる顎関節症状の有無との関係の検討を行った（表5）。顎運動軌跡に異常を認めた29名のうち、なんらかの症状を認めた者が22名、症状を認めなかった者が7名であった。診査で症状を認めた35名のうち、顎運動軌跡の定性的評価で異常ありと判定した者は22名で、その割合は63%であった。また、顎運動軌跡で異常なしと判断した51名のうち、なんらかの顎関節症状を認めた者は13名、症状を認めなかった者は38名であり、診査で症状を認めなかった者を顎運動軌跡から異常なしと判定した割合は84%であった。

IV. 考 察

1. 測定システム

本研究において、測定精度に課題があった川口の開発した測定器⁷⁾にハードウェア、ソフトウェアの両面から改良を加えたところ、詳細な顎運動解析に必要な測定精度が得られた。また改良した測定器は操作性にも優れ、約2か月半の短期間で80名の被験者をチェアサイドにて測定できた。これらから本測定器は高い測定精度と高い操作性を同時に実現しており、データの蓄積には最適な測定器であることが示された。6自由度顎運動データには顎口腔機能の診断、評価に有用な情報が多く含まれているとされているが、データの蓄積が十分でなく、顎機能の診断や評価のための標準的なパラメータやその基準値も確立されていないのが現状である。今回開発した測定器を用いることで近い将来多数のデータを蓄積でき、これらの問題を解決できるものと期待できる。

2. 被験者の顎機能診査

全被験者80名中、診査で顎関節症状を認めたのは35名であり、その発症頻度は約44%であった。これは、疫学調査から顎関節症の発症頻度が46%であったという松香らの報告¹¹⁾と類似した値であった。また、クリッキングを認めたのは33名で、その発症頻度は全体の約41%であり、28%という松香らの報告に比べて本研究の被験者はクリッキングの発症頻度が高い傾向が見られた。15名の被験者で質問票と診査の結果に違いがみられたが、顎関節症状には日内差があり、診査時に症状を示さなかったことなどが原因と考えられる。

3. 顎運動の定量的評価

本研究で得られた測定値を上田ら⁹⁾、郡ら¹⁰⁾が報告している基準値と比較したところ、一部のパラメータで有意差が認められた。これは、被験者の選択基準が異なることや使用した測定器の違いが影響したと考えられる。上田ら⁹⁾の報告では、臨床的に顎口腔機能に異常を認めない個性正常咬合を有する成人男性15名から基準値を求めているが、今回は問診と触診による診査で顎関節症状なしと判定した被験者から基準値を求めていることや、上田らが測定に使用した測定器 MM-II¹⁾ は上下顎のフェ

表3 各パラメータの基準値 (男性)

被験運動				本研究 (23名)	上田らの報告 (15名)
下顎限界運動範囲に関するパラメータ	最大切歯点移動量	開口量	(mm)	52.99 ± 6.78	54.71 ± 6.56
		前後的移動量	(mm)	22.09 ± 5.36	** 31.26 ± 6.97
		左右的移動量	(mm)	11.53 ± 2.69	* 13.20 ± 1.33
		上下的移動量	(mm)	47.67 ± 5.43	49.84 ± 5.13
	最大顆頭移動量		(mm)	18.57 ± 2.96	19.23 ± 2.62
	最大下顎回転量	矢状面	(度)	34.73 ± 5.69	37.59 ± 4.15
		水平面	(度)	6.10 ± 1.63	** 7.20 ± 0.74
		前頭面	(度)	2.71 ± 0.72	2.79 ± 0.70
	面積	矢状面軌跡	(mm ²)	392.57 ± 115.56	** 514.20 ± 73.90
		前頭面軌跡	(mm ²)	311.64 ± 103.75	379.40 ± 56.80
	前方限界咬合位	切歯点移動量	(mm)	9.81 ± 1.97	10.90 ± 1.46
		顆頭移動量	(mm)	9.77 ± 1.92	9.41 ± 3.44
		下顎回転量[矢状面]	(度)	-1.99 ± 1.43	-1.30 ± 1.77
	側方限界咬合位	切歯点移動量	(mm)	10.40 ± 2.15	10.76 ± 2.48
		顆頭移動量 作業側	(mm)	1.09 ± 0.69	0.74 ± 0.44
		平衡側	(mm)	9.37 ± 2.14	10.00 ± 2.23
		下顎回転量[矢状面]	(度)	-0.03 ± 1.08	0.28 ± 1.50
ガイドに関するパラメータ	3.0 mm 前方咬合位	下顎回転量[矢状面]	(度)	-0.13 ± 0.57	0.00 ± 0.51
		切歯路角[矢状面]	(度)	35.30 ± 12.39	38.45 ± 10.38
		顆路角[矢状面]	(度)	38.30 ± 9.47	38.63 ± 8.31
	3.0 mm 側方咬合位	下顎回転量[矢状面]	(度)	0.31 ± 0.39	0.40 ± 0.36
		切歯路角[前頭面]	(度)	32.21 ± 11.26	33.92 ± 10.15
		展開角[水平面]	(度)	73.44 ± 7.64	74.50 ± 6.67
		切歯路角[矢状面]	(度)	62.58 ± 16.87	66.95 ± 11.75
		平衡側顆路角[矢状面]	(度)	40.32 ± 9.98	39.41 ± 8.49
顎運動の協調性に関するパラメータ	切歯点側方偏位量		(mm)	3.26 ± 1.34	3.63 ± 1.72
	左右側顆頭移動差	開口経路	(mm)	2.00 ± 0.99	2.22 ± 1.02
		閉口経路	(mm)	2.43 ± 1.34	2.94 ± 1.94
	下顎回転量[矢状面]に対する顆頭移動量の比率(T/R)	開口経路		1.07 ± 0.19	1.02 ± 0.27
		閉口経路		0.56 ± 0.39	0.47 ± 0.29
	顆頭点に対する切歯点の移動速度の比率(IV/CV)	開口経路		0.94 ± 0.48	0.91 ± 0.47
		閉口経路		0.90 ± 0.43	1.02 ± 0.30
	加速度	開口経路(切歯点)	(mm/s ²)	3.19 ± 1.50	* 2.11 ± 0.95
		(顆頭点)	(mm/s ²)	3.75 ± 2.48	2.39 ± 2.02
		閉口経路(切歯点)	(mm/s ²)	4.44 ± 1.61	3.83 ± 4.50
		(顆頭点)	(mm/s ²)	5.33 ± 5.24	3.37 ± 2.44

t test * p < 0.05, ** p < 0.01

表4 各パラメータの基準値 (女性)

被験運動				本研究(22名)		郡らの報告(15名)	
下顎限界運動範囲に関するパラメータ	最大切歯点移動量	開口量	(mm)	49.22 ±	5.85	48.39 ±	3.76
		前後的移動量	(mm)	21.45 ±	6.81	25.43 ±	5.88
		左右的移動量	(mm)	10.97 ±	2.04	11.29 ±	0.91
		上下的移動量	(mm)	44.96 ±	5.09	41.79 ±	4.50
	最大顎頭移動量		(mm)	18.02 ±	3.34	17.95 ±	2.94
	最大下顎回転量	矢状面	(度)	35.41 ±	6.14	36.12 ±	3.49
		水平面	(度)	6.33 ±	1.57	6.36 ±	1.09
		前頭面	(度)	2.56 ±	0.77	2.29 ±	0.84
	面積	矢状面軌跡	(mm ²)	312.78 ±	73.52	310.40 ±	90.90
		前頭面軌跡	(mm ²)	280.69 ±	69.93	269.60 ±	85.20
	前方限界咬合位	切歯点移動量	(mm)	9.03 ±	1.88	9.27 ±	1.54
		顎頭移動量	(mm)	8.94 ±	2.01	9.11 ±	1.63
		下顎回転量[矢状面]	(度)	-1.43 ±	0.95	-0.78 ±	1.15
	側方限界咬合位	切歯点移動量	(mm)	10.17 ±	1.68	10.45 ±	1.92
		顎頭移動量 作業側	(mm)	1.18 ±	0.58	0.96 ±	0.57
		平衡側	(mm)	9.06 ±	1.70	8.83 ±	1.71
		下顎回転量[矢状面]	(度)	-0.04 ±	0.85	* 0.60 ±	0.82
ガイドに関するパラメータ	3.0 mm 前方咬合位	下顎回転量[矢状面]	(度)	-0.03 ±	0.52	0.18 ±	0.59
		切歯路角[矢状面]	(度)	36.16 ±	12.39	34.36 ±	12.96
		顎路角[矢状面]	(度)	35.03 ±	8.79	28.96 ±	9.50
	3.0 mm 側方咬合位	下顎回転量[矢状面]	(度)	0.33 ±	0.42	0.47 ±	0.34
		切歯路角[前頭面]	(度)	30.77 ±	10.43	29.39 ±	9.39
		展開角[水平面]	(度)	72.20 ±	6.59	74.21 ±	7.13
		切歯路角[矢状面]	(度)	59.50 ±	16.73	62.59 ±	12.70
		平衡側顎路角[矢状面]	(度)	36.21 ±	9.81	33.45 ±	10.47
	切歯点側方偏位置		(mm)	2.88 ±	1.27	3.58 ±	1.12
	左右側顎頭移動差	開口経路	(mm)	2.02 ±	0.71	2.52 ±	1.37
		閉口経路	(mm)	2.50 ±	0.95	2.56 ±	1.30
	下顎回転量[矢状面] に対する顎頭移動量 の比率(T/R)	開口経路		1.09 ±	0.19	* 0.90 ±	0.29
		閉口経路		0.66 ±	0.44	0.74 ±	0.33
顎運動の協調性に関するパラメータ	顎頭点に対する切歯点 の移動速度の比率 (IV/CV)	開口経路		0.98 ±	0.45	** 0.42 ±	0.27
		閉口経路		1.07 ±	0.43	** 0.45 ±	0.23
	加速度	開口経路(切歯点)	(mm/s ²)	2.30 ±	0.93	2.14 ±	0.81
		(顎頭点)	(mm/s ²)	2.80 ±	2.71	2.65 ±	1.08
		閉口経路(切歯点)	(mm/s ²)	3.37 ±	1.31	2.65 ±	1.00
		(顎頭点)	(mm/s ²)	3.72 ±	2.32	3.47 ±	1.00

t test * p < 0.05, ** p < 0.01

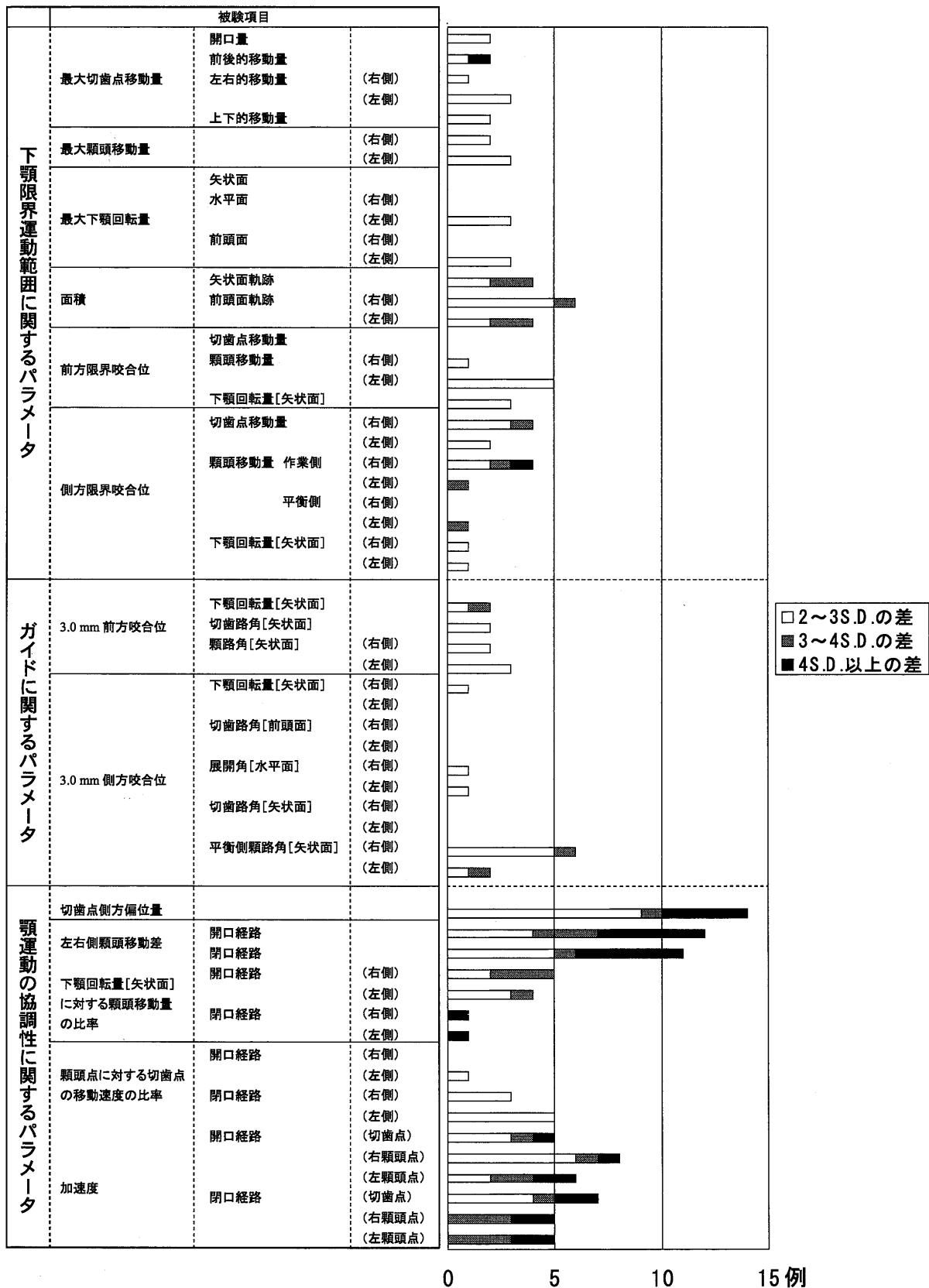


図7 基準値と差を認めたパラメータ (クリッキング症例 33例)

表5 顎関節症状と顎運動軌跡の定性的評価の比較

	診査 (症状あり)	診査 (症状なし)
顎運動軌跡 (異常あり)	22名	7名
顎運動軌跡 (異常なし)	13名	38名

イスボウがメカニカルに連結された接触型であり、本研究で開発した測定器と比べて顎運動のしやすさという点で劣っていることなどが差としてあらわれたと考えられる。一方、郡ら¹⁰⁾が使用した測定器は磁気を用いた非接触型で顎運動のしやすさでは今回の測定器と同等であるが、センサ装着位置すなわち測定点から離れた顎頭点の運動解析を行うには測定精度が十分でなかったことが、差としてあらわれたと考えられる。

本研究被験者の男女間の比較で、矢状面内限界運動の矢状面投影面積に関するパラメータで有意差を認めたが、このパラメータ値を身長で標準化するとt検定によるP値が0.01から0.44となり有意差がなくなったことから、男女の体格差が影響したと考えられる。顎運動解析には体格によって差が生じないようなパラメータの抽出が必要である。

4. 顎関節症状と定量的評価との関連性

1) クリッキング症例

クリッキングを認めた被験者の顎運動軌跡の一例を図

8に示す。

この被験者は診査において左側顎関節に閉口時クリックを認めた。切歯点および左側運動論的顎頭点での矢状面内限界運動軌跡に注目すると、クリッキングによる運動軌跡の偏位を認め、運動軌跡の定性的評価においても異常があると判断できる。

この症例の顎運動パラメータについて、先に求めた基準値との比較を行った。下顎限界運動範囲に関するパラメータでは、全体に運動範囲が大きい傾向が見られた(図9)。クリッキング症例では最大開口量など運動範囲について健常者に比べて必ずしも小さくない、という報告¹²⁾に一致していた。また、前方限界咬合位、側方限界咬合位において矢状面での下顎回転量が -2 S.D.を超えて小さな値であった。この時の下顎回転量は負の値を持ち、下顎の逆回転現象が生じていた。また、ガイドに関するパラメータについては、3.0 mm 前方咬合位での顎路角に対して切歯路角が小さく、下顎回転量も小さかった。これらのことから、この症例は歯のガイドが緩いと評価できた(図10)。ガイドの緩傾斜化が機能時の顎関節部への負担の原因となる^{13,14)}ことから、緩い歯のガイドは、本症例のクリッキングの原因のひとつであると考えられる。運動の協調性に関するパラメータでは、切歯点での側方偏位量や左右側顎頭移動差で $+1$ S.D.を大きく超える値となり、定性的評価で認めた運動軌跡のクリッキング発現時の下顎の偏位が定量的に表されたといえる(図11)。

また、クリッキングを認めた33名の定量的評価を行ったところ、今回求めた基準値と比較し、顎運動の協調性に関するパラメータに 2 S.D.を超えるものが多く認められた(図7)。中でも、切歯点での側方偏位量や左右側

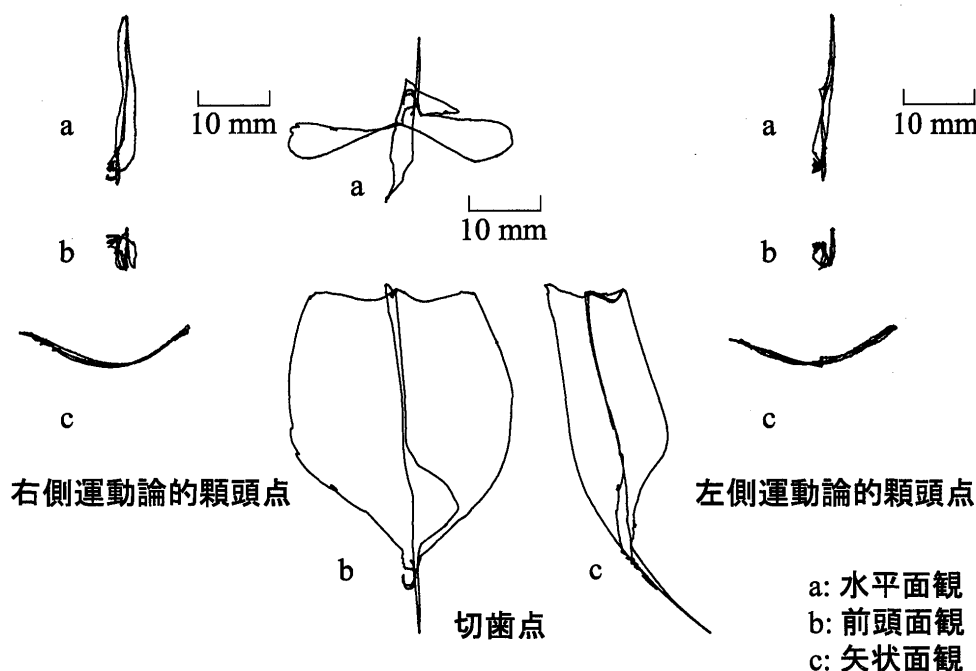


図8 クリッキング症例

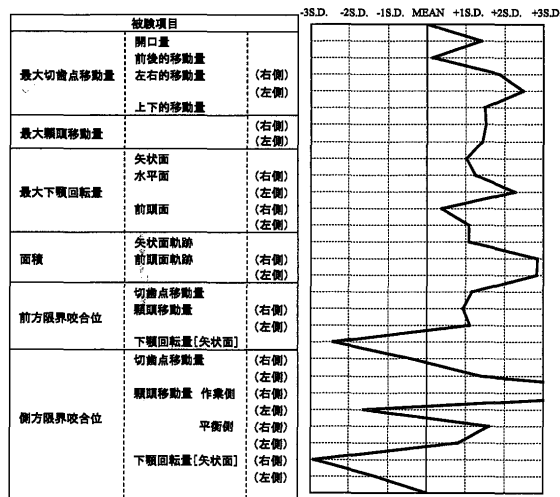


図9 下顎限界運動範囲に関するパラメータ（クリック症例）

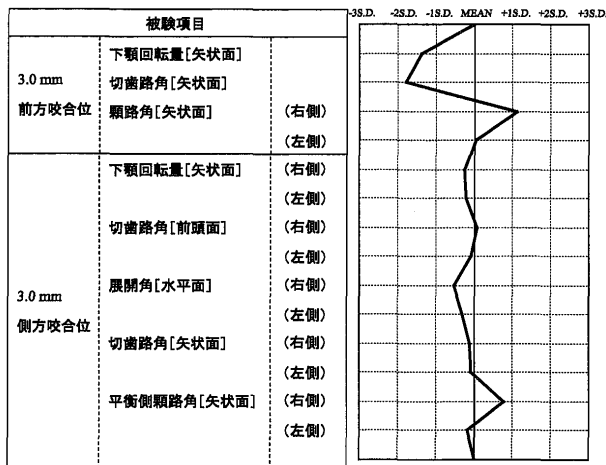


図10 ガイドに関するパラメータ（クリック症例）

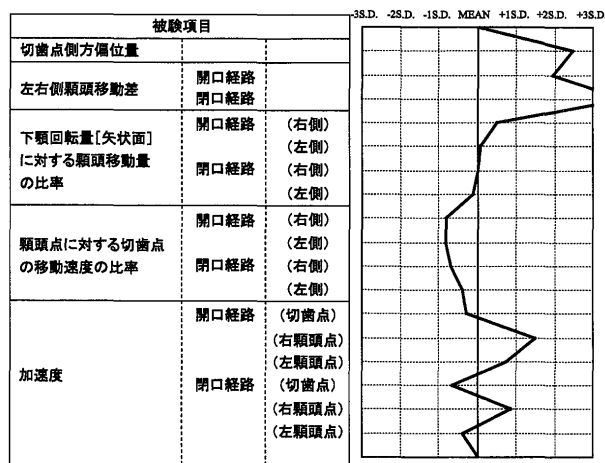


図11 顎運動の協調性に関するパラメータ（クリック症例）

顎頭移動差といったパラメータは、エミネンスクリックのような場合には特に影響を受けるパラメータと考えられるほか、加速度の増大についてはクリックに伴う瞬間的な顎頭移動速度の増大によるものと考察される。このように顎運動の協調性に関するパラメータはクリックなどの顎関節症状を定量的に評価できることが示された。

今回はクリック症例が33例で、病態に応じて細分化するには症例が少なかったが、今後被験者数を増やし、データの蓄積を行うことで顎機能の診断、評価により適したパラメータを抽出できると思われる。

2) 顎関節症状を認めなかったが顎運動に異常を認めた例

今回の被験者には、診査では特に顎関節症状を認めなかったが、顎運動の定性的評価で異常を認めた被験者が含まれていた。

図12に示す被験者は、顎運動軌跡をみると右側方限界開口運動路において右側への運動範囲が狭く、前方寄りの経路を通して開口しているのを認めた。歯列模型を観察すると上顎左側第三大臼歯が頬側に傾斜しており、下顎の右側滑走時にこの歯が筋突起に近接したために、運動範囲が制限されたと推測される。この症例について定量的評価を行うと、下顎の運動範囲に関するパラメータのうち、切歯点の左右的移動量、水平面での下顎の回転量、側方限界開口運動の前頭面投影面積が、左側はほぼ基準値であったのに対し、右側は-1 S.D.を超えて小さな値であった。

図13に示す被験者は、日常生活では特に支障を感じることはないとのことであったが、顎運動測定時には非常に運動をしづらそうにしていた。顎運動の定性的評価においては、左右の対称性はなく、運動路も滑らかとは言えず、運動の再現性も悪かった。定量的評価においてもいくつかのパラメータで基準値と大きく異なる値を示したものがあつた。顎関節症状は認められないものの、顎運動の巧緻性が劣っていた被験者であるといえる。

これらの症例のように、顎関節症状以外にも顎運動に異常をもたらし場合があり、診査から得られにくい情報が顎運動データには含まれていることが確認できた。

5. 顎運動軌跡の定性的評価と、顎関節症状の有無との関係について

診査での顎関節症状の有無と、顎運動軌跡の定性的評価の結果は60～80%の一致率をみた。今回行った問診、触診による診査が顎関節症状の確定診断となるのか、また顎運動軌跡の定性的評価を行う際の評価者の判定基準をどう明確にしていくかなど問題はあつたものの、顎運動の異常から症状の有無を推測することが可能であることを示している。

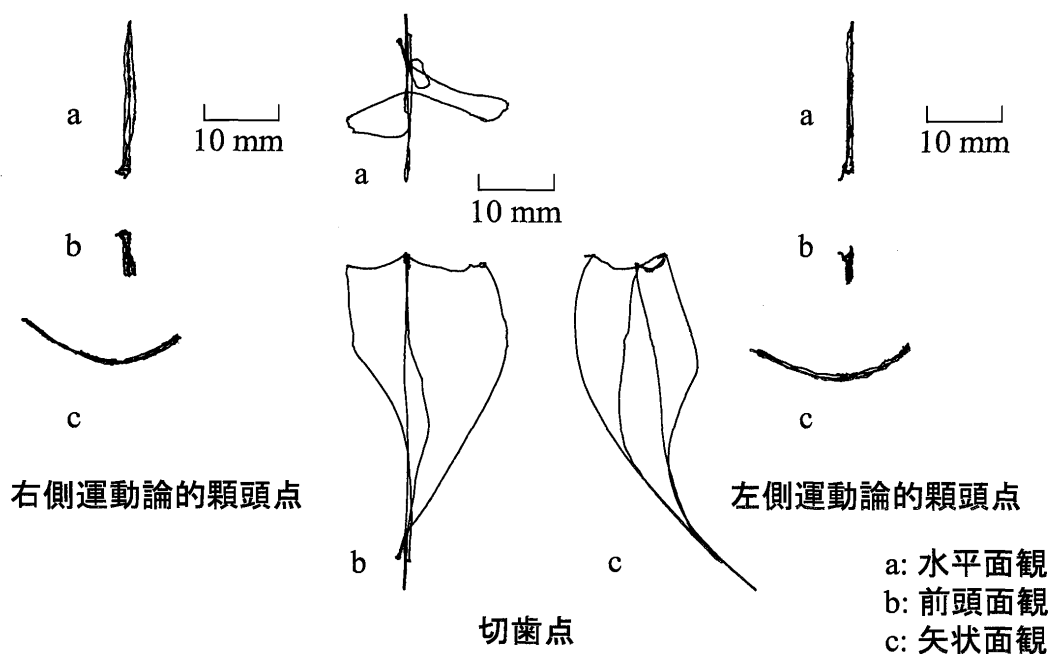


図12 診査で顎関節症状を認めなかった例（症例1）

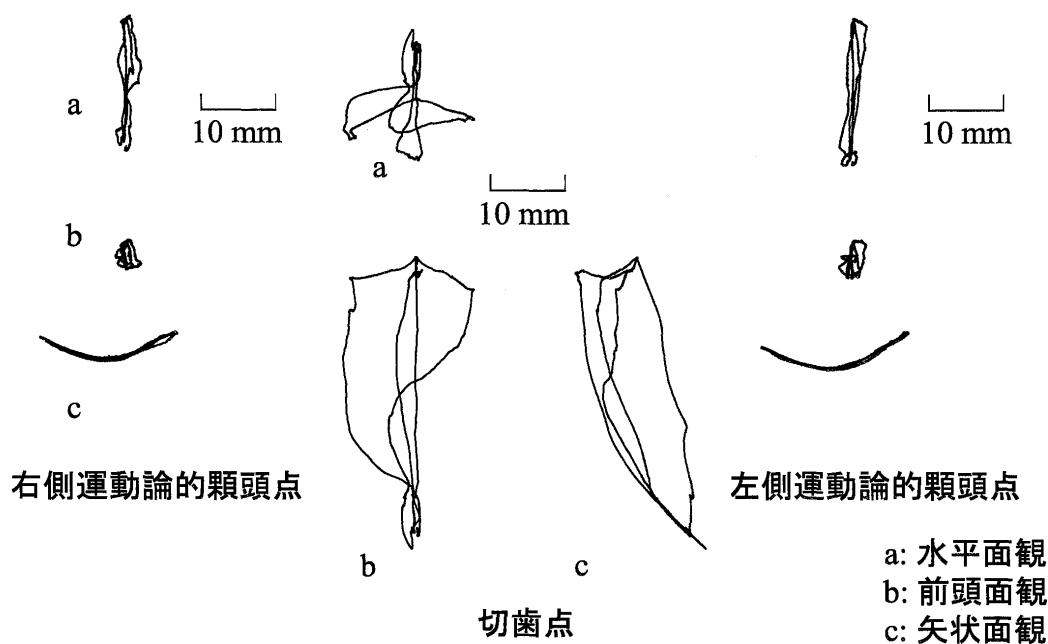


図13 診査で顎関節症状を認めなかった例（症例2）

6. 今後の展望

本研究で開発した顎運動測定器による顎運動測定は、顎口腔機能の診断、治療のための6自由度顎運動測定として徳島大学病院倫理委員会の承認を受けている。今後は患者測定も含めてさらなるデータの蓄積を行うとともに、症例の治療経過に伴う顎運動の変化を追うといった前向きコホート研究も行うことにより、将来的には顎機能に関する診断システム、治療法の決定支援システム、治療結果の評価システムの完成を目指す予定である。

V. 結 論

本研究では、磁気方式非接触型顎運動測定器開発に関するこれまでの研究成果をもとに、臨床上必要とする精度を備え、かつチェアサイドで簡便に使用できる6自由度顎運動測定器を開発し、この測定器が顎機能診断用データベース構築のために十分なデータ収集能力を有しているかについて実証実験を行い、以下の結果を得た。

1. チェアサイドで簡便に使用できる高精度6自由度顎運動測定器を開発した。
2. チェアサイドにて被験者80名の顎運動測定を約2か

月半で実施でき、開発した測定器のデータ収集能力の高さが実証された。

3. 顎運動データの定量的、定性的評価が、顎機能診断の有効な一手段になり得ることが示された。
4. 顎運動診断のために最適な顎運動パラメータの抽出とその基準値を明らかにするためのツールを開発できた。

謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究に対し終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜りました咬合管理学分野坂東永一教授に深甚なる謝意を表しますとともに、御高閲と御助言を賜りました口腔顎顔面補綴学分野市川哲雄教授、ならびに小児口腔健康科学分野西野瑞穂教授に感謝の意を表します。さらに本研究に御協力いただきました被験者の皆様、重本修何助手はじめ咬合管理学分野の教室員の方々に厚く御礼申し上げます。

本研究の一部は平成17年度科学研究費補助金若手研究(A) 課題番号17689055) ならびに若手研究(B) (課題番号17791393) に依った。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 藤村哲也, 坂東永一: デジタル方式顎運動測定器の開発. 補綴誌35, 830-842 (1991)
- 2) 坂東永一, 中野雅徳, 藤村哲也ほか: 顎機能の臨床的診査—MM-JIを用いて—. 補綴誌42, 894-901 (1998)
- 3) 郡 元治, 坂東永一: 磁気位相空間を応用した上顎6自由度下顎6自由度運動測定器の試作. 補綴誌37, 337-349 (1993)
- 4) 重本修何, 坂東永一: ブラキシズム解析用顎運動測定器の開発. 補綴誌40, 379-389 (1996)
- 5) 芝崎寿郎: チェアサイド型6自由度顎運動測定器の開発. 四国歯誌10, 185-194 (1997)
- 6) 坂東永一, 薩摩登誉子, 重本修何: 高分解能6自由度運動測定器の開発. 補綴誌43, 149-159 (1999)
- 7) 川口貴穂: 一対の三軸コイルでセンサを構成した6自由度顎運動測定器. 四国歯誌16, 33-42 (2003)
- 8) 鈴木 温: デジタル方式下顎運動測定器による下顎限界運動の6自由度解析. 補綴誌31, 712-725 (1987)
- 9) 上田龍太郎, 坂東永一, 中野雅徳, 鈴木温, 藤村哲也, 山内英嗣: 顎口腔機能診断のための6自由度顎運動パラメータの検討. 補綴誌37, 761-768 (1993)
- 10) 郡元治, 上田龍太郎, 竹内久裕, 重本修何, 中野雅徳, 坂東永一: 磁気位相空間を応用した6自由度顎運動測定による女性被験者についての顎運動機能評価. 顎機能誌1, 269-274 (1995)
- 11) 松香芳三: 顎関節症の症型分類による疫学的研究 (第1編) 臨床的分類による症型別発症頻度. 岡山歯誌11, 73-89 (1992)
- 12) Merlini L and Palla S: The relationship between condylar rotation and anterior translation in healthy and clicking temporomandibular joints. Schweiz Monatsschr Zahnmed 98, 1191-1199 (1988)
- 13) 河野正司, 塩沢育巳, 中野雅徳: 前方滑走運動の歯牙指導要素としての切歯路の研究. 補綴誌19, 426-433 (1975)
- 14) 長尾亜希子: 関節円板前方転位症例における顆路角と切歯路角の関係. 補綴誌45, 710-719 (2001)